

公路养护工程的全寿命周期成本分析

任佳慧，齐冰力

(中交基础设施养护集团工程有限公司，北京 100102)

摘 要 本文从全寿命周期视角出发，阐述了公路养护的设计、施工、运营维护、大修及退役等阶段的成本构成与特点，对比了局部修补、整体加固和预防性养护的成本效益，指出全寿命周期成本分析法能更全面地评估养护工程的长期经济效益，并提出了优化公路养护工程的策略与实践路径，旨在为提升公路养护工程的整体水平和经济效益提供有益的参考。

关键词 公路养护；全寿命周期；成本分析；成本效益

中图分类号: U418.2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.16.022

0 引言

在我国经济持续快速发展的背景下，交通运输需求不断增长，公路网络的建设日益完善，通行能力也显著提升。而长期高强度的交通负荷，使部分公路出现了不同程度的损害和病害，不仅影响公路的安全性和舒适性，也对经济发展与人民群众出行造成了影响。公路作为重要的基础设施，其养护工程不仅关乎道路的使用寿命和安全性能，还直接影响到区域经济的流畅运行和人民群众的生命财产安全。本文通过全寿命周期成本分析的方法，全面评估公路养护工程的成本，以期找出最优的养护方案，为公路管理部门提供科学、合理的决策建议^[1]。

1 公路养护的重要性

公路养护的核心目的在于修复因长期使用或其他因素导致的路面损坏，以此提升道路的通行能力。同时，公路养护还承担着降低能源消耗和减少环境污染的重任。通过养护恢复路面的平整性，可以提高车辆行驶效率，达到节能减排的效果，实现经济社会的可持续发展。

公路养护不仅关乎道路的安全与畅通，更与全寿命周期成本紧密相连。通过科学的养护策略，不仅能够延长公路寿命，保障交通安全，促进节能减排，也能优化全寿命周期成本，为经济社会的持续健康发展提供有力支撑^[2]。

2 公路养护工程全寿命周期阶段

2.1 阶段划分

公路养护全寿命周期包括多个重要阶段，这些阶段构成一个完整养护生命周期。这些阶段可划分为设计、施工、运维、大修及退役阶段^[3]。每个阶段在公路养护全寿命周期中都扮演着不可或缺的角色，并相互之间存在紧密的联系和影响。这些阶段相互衔接、相互影响，共同构成了公路养护工程的完整生命周期。在每个阶段中，都需要注重科学性、合理性和经济性等方面的考虑，以确保公路养护工程的顺利进行和可持续发展。

计、施工、运维、大修及退役阶段^[3]。每个阶段在公路养护全寿命周期中都扮演着不可或缺的角色，并相互之间存在紧密的联系和影响。这些阶段相互衔接、相互影响，共同构成了公路养护工程的完整生命周期。在每个阶段中，都需要注重科学性、合理性和经济性等方面的考虑，以确保公路养护工程的顺利进行和可持续发展。

2.2 各阶段具体内容

2.2.1 设计阶段

设计阶段是公路养护工程的起点，其核心任务是确定养护目标、制定周详的养护方案，并设计出精细的施工图纸。这一阶段的工作具有极其重要的意义，因为设计方案的合理性与否直接关乎后续施工环节的质量和成本控制。设计人员需全面考虑工程的实际情况，包括地质条件、气候条件、交通流量等因素，以确保设计方案的科学性和实用性。此外，设计阶段还需充分预估可能出现的问题，并制定相应的应对措施，以降低施工过程中的风险。

2.2.2 施工阶段

施工阶段是公路养护工程从设计走向现实的关键环节。这一阶段涉及材料采购、施工准备、具体施工实施等多个方面。在施工过程中，成本控制和进度管理显得尤为重要，它们直接影响到养护工程的整体效果及成本效益。因此，施工单位需严格按照设计方案进行施工，同时加强现场管理，确保施工进度和质量。此外，施工单位还需密切关注成本变化，及时调整施工策略，以防止成本超支。

2.2.3 运营维护阶段

公路养护工程的运营维护阶段是一个长期且持续

的过程，它包括日常巡查、定期检查、维修养护等工作。这一阶段的主要目标是确保公路的畅通与安全，并在保障公路性能的同时，努力降低运营成本和维护成本。为了实现这一目标，管理部门需要建立完善的巡查和检修制度，及时发现并处理路面出现的问题。同时，通过引入先进的养护技术和设备，提高养护效率和质量，从而降低长期维护成本。

2.2.4 大修阶段

在公路的长期运营过程中，路面和桥梁等结构可能会出现不同程度的损坏，故需要进行大修工作，包括路面的重新铺设、桥梁的加固等。大修阶段的成本相对较高，但它对于延长公路的使用寿命和提升通行能力具有重要意义。

2.2.5 退役阶段

当公路达到其设计使用寿命或因其他原因需要拆除重建时，便进入了退役阶段。这一阶段涉及拆除成本的计算、清理工作的安排以及新公路的规划和建设等。退役阶段的处理不当可能会对环境和社会造成不良影响，因此需要特别关注环保和可持续性问题。在拆除过程中，应采取措施减少扬尘和噪声污染，并合理利用拆除产生的废料。同时，新公路的规划和建设应充分考虑未来交通发展的需求，以实现更好的社会效益和经济效益。

3 实例分析：某公路的养护策略成本

3.1 实例公路的基本信息

针对该实例公路的基本情况，其全长约 100 公里，设计时速高达 120 公里 / 小时，显示出其在地区交通中的重要地位。如此高的设计时速要求路面必须保持极高的平整度和稳定性，以确保车辆行驶的安全与舒适。然而，日均 3 万辆次的交通量给公路带来了沉重的负担，加上自然环境的侵蚀，路面出现了龟裂、车辙、坑槽等病害。这些病害不仅严重影响了道路的安全性和舒适性，也给车辆行驶带来了不小的隐患。为了保障人民群众的出行安全，提升道路通行效率，对该公路进行科学的养护和维修显得尤为重要。养护工程应针对不同类型的病害制定相应的维修方案，如填补坑槽、修复龟裂等，以恢复路面的平整度和稳定性。

及时发现并处理路面病害，防止病害的扩大和蔓延，从而减少大修和重建的频率。同时，还应注重公路的预防性养护工作，通过采取一系列措施如封层、罩面等，提高路面的耐久性和抗病害能力。针对实例公路的基本信息和病害情况，应制定合理的养护方案和维修计划，加强日常巡查和定期检查工作，注重预

防性养护措施的实施，以保障公路的安全性和畅通性，延长其使用寿命并降低养护成本^[4]。

3.2 养护策略的选择与优化建议

在选择公路养护策略时，需要综合考虑多种因素，包括公路的使用状况、预算限制、长期效益等。基于前述的三种养护策略及其成本分析，以下是对策略选择的一些建议和优化思路。在优化养护策略方面，可以考虑以下几点：

1. 数据驱动的决策：利用先进的检测技术和数据分析工具，实时监测公路的使用状况和性能变化。这些数据可以为养护策略的制定提供有力支持，确保资源的合理分配和高效利用。

2. 模块化维修：针对公路的不同部分（如路面、排水系统、边坡等），采用模块化的维修方式，不仅可以提高维修效率，还可以降低整体成本。

3. 技术创新与材料研发：积极探索新的养护技术和材料，以提高公路的耐久性和使用寿命。例如：研究高性能的路面材料、智能传感器等，为公路养护提供更多可能性。

4. 多方合作与资源共享：加强政府、企业、研究机构等多方之间的合作，共享资源和经验。通过协同创新，可以推动公路养护技术的快速发展和应用。

选择适合的养护策略并持续优化是确保公路安全和畅通的关键。在未来的公路养护工作中，应充分利用先进技术和管理理念，提高养护效率和质量，为人民群众提供更加安全、便捷的交通环境。

4 不同养护方案的成本对比

4.1 成本对比的方法选择

在对比不同养护方案的成本时，选择适当的方法至关重要。净现值法、盈亏平衡点法和全寿命周期成本法是常用的几种对比方法。这些方法各有特点，适用于不同的情况和需求。

1. 净现值法主要通过计算各方案的净现值来评估其经济效益。它将未来的成本和收益转化为现在的价值，从而方便进行比较。然而，这种方法更侧重于经济效益的评估，可能无法全面反映养护方案的长期成本和效益。

2. 盈亏平衡点法则是通过分析各养护方案的盈亏平衡点，来确定哪种方案能够在最低的成本下实现最大的效益。这种方法适用于对成本和收益关系较为敏感的情况，但在考虑全寿命周期成本时可能存在一定的局限性。

3. 全寿命周期成本法更为全面和客观。它不仅考

考虑养护工程的初始投资成本,还将运营维护成本、大修成本和退役成本等纳入考虑范围。通过计算各方案在全寿命周期内的总成本,可以更准确地评估不同养护方案的经济性。这种方法有助于决策者从长期的角度审视养护方案,避免仅关注短期成本而忽视长期成本的问题。

在实际应用中,可以根据具体情况选择合适的方法进行对比分析。例如:如果决策者更关注养护方案的经济效益,可以选择净现值法;如果需要在成本和收益之间找到平衡点,可以选择盈亏平衡点法。然而,为了更全面、客观地评估不同养护方案的成本效益,全寿命周期成本法往往是一个更为理想的选择。

4.2 对比结果与分析

在深入剖析了三种不同的公路养护策略之后,我们采用全寿命周期成本法对这些方案进行了详尽的对比。以下是对比结果及其细致分析:

1. 局部修补方案,此方案在短期内显得颇具吸引力,主要得益于其相对较低的初期投入。然而,其局限性也显而易见:它只能解决眼前的、局部的病害问题,而无法根治或预防更大范围的公路损坏。这意味着,在不久的将来,可能需要对同一段路或其他路段进行多次修补,从而导致总成本的累积迅速上升。从长远来看,这种“打补丁”式的养护方式不仅成本效益低下,还可能对公路的整体结构和性能造成不利影响。

2. 整体加固方案。这一方案在初期的投入确实较大,这主要源于其全面性和根本性的改善措施,如路面加铺、排水系统的全面重建等。然而,正是这种全面性的改善,使得公路的使用寿命和通行能力得到了显著提升。从全寿命周期的角度来看,虽然初期投入高,但由于减少了未来的维修频率和程度,因此长期来看,其总成本反而可能低于局部修补方案。此外,整体加固还能带来更好的道路使用体验,提升公众满意度,这也是其不可忽视的附加价值。

3. 预防性养护方案。这一方案的特点在于其前瞻性和持续性,通过定期的预防性措施,如路面封层、排水系统清理等,旨在减少或延缓病害的发生。虽然其初期投入和年均成本看似较高,但实际上,由于有效预防了病害的发生和扩散,从而大大降低了未来的大规模维修成本。这种“防患于未然”的策略,在长期来看,可能具有极高的成本效益^[5]。当然,这也取决于预防性养护的执行频率和效果,因此,科学制定养护计划和严格执行是确保此方案成功的关键。

在综合考量了成本效益、公路使用寿命和通行能力等多重因素后,我们可以得出一个初步的结论:整

体加固方案或预防性养护方案在多数情况下可能是更为优越的选择。然而,这并不意味着这两种方案适用于所有情况。实际上,具体选择哪种方案还需根据公路的实际状况、养护需求、预算限制以及地方政府的长期规划等多重因素进行更为深入和细致的分析与决策^[6]。因此,对于决策者而言,全面了解各种方案的优缺点,结合实际情况进行科学决策,是确保公路养护工程既经济又高效的关键所在。

5 结束语

全寿命周期成本分析的理念在于全面、长远地审视成本,这一方法的应用为公路管理部门带来了新的视角。传统的成本分析往往只关注短期内的直接投入,而忽视了长期运营、维护和退役阶段的成本。研究表明,全寿命周期成本分析能够更真实地反映养护工程的总体经济效益,从而为决策者提供更为准确的信息。公路养护工程的优化需要从多个方面入手,包括技术革新、材料研发、标准化管理以及人才培养等。通过实施上述策略和实践路径,可以进一步提升公路养护工程的整体水平,为公众提供更加安全、高效的通行环境。同时,这也将有助于延长公路的使用寿命,降低全寿命周期成本,实现公路交通的可持续发展。本文深入探讨了公路养护工程的全寿命周期成本分析,不仅从理论上揭示了其重要性及意义,还通过实证案例对理论进行了验证。通过对某具体公路的养护策略进行成本分析,详细对比了不同养护方案的经济效益与长远影响。未来,随着数据收集和分析技术的不断进步,全寿命周期成本分析有望在公路养护工程领域发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 刘颖,张鹏,肖春阳.关于新时期强化公路养护资金保障的调查研究[J].交通运输部管理干部学院学报,2023,33(01):3-5.
- [2] 李达.刍议全寿命周期理念下高速公路养护策略[J].商品与质量,2020(25):127.
- [3] 郭杨.基于全寿命周期的G216线沥青路面预防性养护研究[J].工程机械与维修,2024(08):134-136.
- [4] 张景平,李婷,张建军.预防性公路养护技术应用[J].人民交通,2024(04):52-54.
- [5] 商显文,徐德福.公路沥青路面预防性养护措施研究[J].工程技术研究,2024,09(13):136-138.
- [6] 李庆.当代中国地方政府与民众的政治沟通制度创新研究[D].西安:陕西师范大学,2025.